

12

# EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②<sup>1</sup> Anmeldenummer: 89118656.1

⑤ Int. Cl. 5: G02B 6/42

② Anmeldetag: 07.10.89

③ Priorität: 08.10.88 DE 3834335

④ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
09.05.90 Patentblatt 90/19

Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB

71 Anmelder: TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK  
GMBH  
Sedanstrasse 10  
D-7900 Ulm/DE)

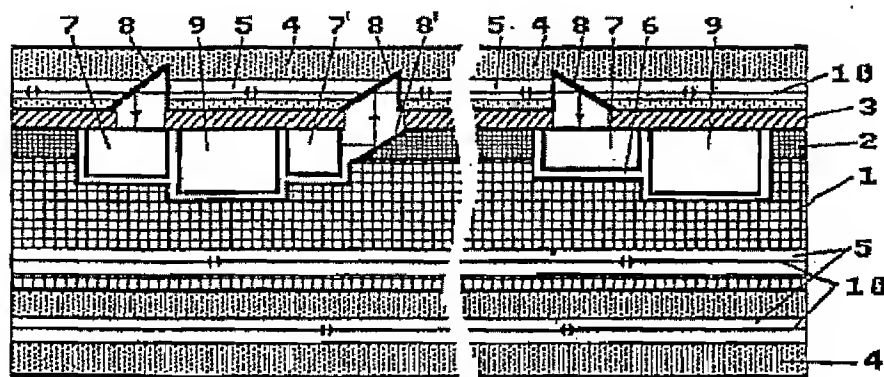
⑦ Erfinder: Weldel, Edgar, Dipl. Phys.  
Hudlerstrasse 25  
D-7913 Senden(DE)

7a Vertreter: Schulze, Harald Rudolf, Dipl.-Ing.  
TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK GMBH  
Sedanstrasse 10  
D-7900 Ulm(DE)

⑤ Halbleiterschaltung.

57 Die Erfindung betrifft eine integrierte Halbleiterschaltung, bestehend aus einem elektrischen Teil, der z.B. in planarer CMOS- oder Bipolartechnik ausgeführt ist, und einer darauf befindlichen optischen Verbindungsschicht, die integrierte (Verbindungs-) Lichtwellenleiter (5) enthält.

In der Verbindungsschicht (4) sind außerdem un- und/oder halbdurchlässige Umlenkspiegel (8) vorhanden, über welche die Wandler (7, 7') optisch und den Lichtwellenleiter (5) koppelbar sind, z.B. mit Hilfe weiterer Umlenkspiegel (8'), die in dem Substrat (1) angeordnet sind. Alle Umlenkspiegel (8, 8') sind durch physikalische und/oder chemische Verfahren herstellbar, z.B. durch Prägen, Fräsen, Schleifen, Polieren und/oder Ätzen.



**Fig. 1**

## Halbleiterschaltung

Die Erfindung betrifft eine Halbleiterschaltung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Integrierte Halbleiterschaltungen bestehen aus einem (Halbleiter-)Substrat, z.B. scheibenförmigem, einkristallinem Silizium, mit einer Dicke von ungefähr 0,3 mm. Auf einer Oberflächenseite des Substrats ist in derzeit üblicher Halbleitertechnologie, z.B. Bipolar- oder CMOS-Technologie, eine Halbleiter-Schaltungsanordnung, z.B. bestehend aus Transistoren und Dioden, angeordnet. Auf dieser Halbleiter-Schaltungsanordnung befindet sich eine Leiterbahnschicht, die z.B. aus Aluminium-Leiterbahnen besteht. Die Leiterbahnschicht dient zum elektrischen Verbinden der beispielhaft erwähnten Transistoren und/oder Dioden. Eine derartige Anordnung wird auch als integrierte Schaltung (IS) bezeichnet. Komplexe Schaltungsanordnungen, wie z.B. Signalprozessoren oder Rechner, bestehen im allgemeinen aus einer größeren Anzahl derartiger Schaltungen (IS). Diese integrierten Schaltungen werden auf Karten, die z.B. aus Keramik oder einem Halbleitermaterial, z.B. Silizium, bestehen können, befestigt, z.B. durch Kleben und/oder Lötten. Zwischen den integrierten Schaltungen werden über elektrische Leiterbahnen, die sich auf der Karte befinden, elektrische Verbindungen hergestellt.

Diese Karten werden dann in ein Gehäuse eingeschoben und über weitere elektrische Leiterbahnen in der Gehäuserückwand miteinander verbunden.

Die dabei benötigte Anzahl von elektrischen Verbindungsleitungen kann extrem groß sein. So kann ein Signalprozessor beispielsweise mehr als 100 integrierte Schaltungen enthalten, die viele tausende elektrischer Verbindungsleitungen erfordern. Die Taktraten heutiger Schaltungen liegen typisch bei 20 MHz. Um schnellere Signalprozessoren herzustellen, sind Taktraten von 100 MHz und mehr erforderlich. Mit zunehmenden Taktraten steigt jedoch die Gefahr eines störenden elektrischen Übersprechens zwischen parallelen oder sich kreuzenden Leitungen. Es erhöht sich damit die Wahrscheinlichkeit eines Bitfehlers.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße Halbleiterschaltung anzugeben, welche eine hohe Packungsdichte elektronischer Bauelemente ermöglicht, welche eine hohe Datenübertragungsrate zwischen entfernt angeordneten Bauelementen und/oder Bauelementgruppen ermöglicht, welche eine möglichst geringe Fehlerwahrscheinlichkeit aufweist und welche kostengünstig und zuverlässig herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Ein erster Vorteil der Erfindung besteht darin, daß insbesondere für die Verbindung zwischen elektronischen Bauelementgruppen integrierte Lichtwellenleiter eingesetzt werden. Diese ermöglichen eine hohe Nachrichtenübertragungsrate und sind hochgenau herstellbar, z.B. mit Hilfe der Photolithographie und/oder der Ionenimplantationstechnologie.

Ein zweiter Vorteil besteht darin, daß der elektrische und der optische Teil der Halbleiterschaltung getrennt herstellbar und prüfbar sind. Dadurch können für jeden Teil optimale und daher kostengünstige und zuverlässige Herstellungsverfahren gewählt werden.

Ein dritter Vorteil besteht darin, daß bei dem elektrischen Teil der Halbleiterschaltung nahezu keine Bondverbindungen benötigt werden, so daß dieser Teil in planarer Halbleiter-Technologie ausführbar ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert unter Bezugnahme auf eine schematische Zeichnung. Dabei zeigen die FIG. 1 bis 3 Schnitte durch Ausführungsbeispiele.

FIG. 1 zeigt ein Substrat 1, z.B. eine derzeit in der Halbleitertechnologie übliche kreisförmige Silizium-Einkristallscheibe mit einer Dicke von ungefähr 0,3 mm bis 0,5 mm und einem Durchmesser von ungefähr 150 mm. Auf dieser befinden sich elektrische Leiterbahnen 31 die planar in derzeit üblicher Technologie hergestellt sind. Die Leiterbahnen 3 sind in einer Schicht enthalten, die aus vorzugsweise zwei Lagen metallischer Streifenleiter besteht, die durch dazwischenliegende dielektrische Isolationsschichten getrennt sind. Neu ist, daß in dem Substrat 1 mindestens eine Aussparung oder Vertiefung 6 erzeugt ist, z.B. durch Ätzen, die so tief ist, daß darin mindestens ein elektro-optischer und/oder opto-elektrischer Wandler 7, 7' sowie mindestens eine integrierte Schaltung 9 angeordnet werden können, z.B. durch Kleben oder Lötten, derart, daß deren Oberflächen mit derjenigen der Leiterbahnschicht im wesentlichen eine Ebene bilden. Dann ist es möglich, die Wandler 7, 7' und die integrierte Schaltung mit Hilfe von Leiterbahnen 3 mit der Leiterbahnschicht elektrisch zu verbinden. In den Figuren bezeichnet 7 einen opto-elektrischen Wandler, z.B. eine Fotodiode, und 7' einen elektro-optischen Wandler, z.B. eine Lasardiode.

In der Vertiefung 6 können weitere Bauelemente angeordnet werden, z.B. ein elektrischer Multiplexer/Demultiplexer sowie Treiberschaltungen für die Wandler 7, 7'. Alle diese Bauelemente

bilden im wesentlichen eine Ebene und werden elektrisch über die Leiterbahnschicht kontaktiert. Über der Leiterbahnschicht befindet sich mindestens eine optische Verbindungsschicht 4, z.B. eine Glasplatte mit einer Dicke von ungefähr 0,3 mm bis 2 mm. In dieser befindet sich mindestens ein vorzugsweise in optisch integrierter Weise hergestellter Lichtwellenleiter 5, der z.B. mit Hilfe derzeit üblicher photolithographischer Verfahren sowie eines daran anschließenden Ionenaustauschverfahrens hergestellt ist. Der Lichtwellenleiter 5 besitzt z.B. eine quadratische Querschnittsfläche des Kerns mit einer Seitenlänge von ungefähr 40  $\mu\text{m}$ . Die Verbindungsschicht 4 kann aber auch aus Kunststoff bestehen, in welcher Kunststoff-Lichtwellenleiter vorhanden sind. In der Verbindungsschicht 4 sind außerdem un- und/oder halbdurchlässige Umlenkspiegel 8 vorhanden, über welche die Wandler 7, 7' optisch an den Lichtwellenleiter 5 koppelbar sind, z.B. mit Hilfe weiterer Umlenkspiegel 8', die in dem Substrat 1 angeordnet sind. Alle Umlenkspiegel 8, 8' sind durch physikalische und/oder chemische Verfahren herstellbar, z.B. durch Prägen, Fräsen, Schleifen, Polieren und/oder Ätzen.

Anschließend daran können die Umlenkspiegel 8, 8' noch mit optisch wirksamen Schichten beschichtet werden, z.B. halbdurchlässigen oder total reflektierenden Schichten. Dieser Beschichtungsvorgang kann z.B. im Vakuum mit Hilfe eines Schrägbedampfungsverfahrens erfolgen. Eine solche Verbindungsschicht 4 wird dann auf der Leiterbahnschicht oder einer darüber befindlichen Schutzschicht, z.B. einer Oxidschicht, derart befestigt, z.B. durch Kleben, daß die Umlenkspiegel 8 der Leiterbahnschicht zugewandt sind und sich über den optischen Ein- und/oder Austrittsöffnungen der Wandler 7, 7' befinden. Es ist selbstverständlich, daß in der Leiterbahnschicht entsprechende Öffnungen vorhanden sind. Eine derartige Anordnung ermöglicht, daß das von dem Wandler 7', z.B. einem Halbleiterlaser, ausgesandte Licht 10, das z.B. so moduliert ist, daß eine Nachrichtenübertragungsrate bis ungefähr 2 Gbit/s möglich ist, in den in der Verbindungsschicht 4 befindlichen Lichtwellenleiter eingekoppelt wird und dort über relativ weite Entfernungen, z.B. einige cm, was durch die Unterbrechung dargestellt ist, zu dem in FIG. 1, rechts dargestellten Wandler 7 übertragen werden kann. Die entstehenden elektrischen Signale werden über elektrische Leiterbahnen 3 zu einer integrierten Schaltung 9, z.B. einem Demultiplexer, übertragen und dann weiterverarbeitet.

Der Lichtwellenleiter 5 kann z.B. so dimensioniert sein, daß darin eine optische Wellenlängenmultiplex-Übertragung in entgegengesetzten Richtungen möglich ist. Dieses ist durch die Doppelpfeile dargestellt. Weiterhin ist es mög-

lich, z.B. durch Ionenimplantation, in dem Substrat 1 ebenfalls einen Lichtwellenleiter 5 zu erzeugen und darin Licht 10 zu übertragen. Außerdem kann auch unterhalb des Substrates 1 mindestens eine Verbindungsschicht, in der sich mindestens ein Lichtwellenleiter 5 befindet, angebracht sein.

Wird ein elektro-optischer Wandler 7' verwandt, der Licht senkrecht zur Oberfläche des Substrates 1 aussendet, so kann der Umlenkspiegel 8 entfallen.

Weiterhin kann in dem Substrat 1 zusätzlich eine schichtförmige Halbleiter-Schaltungsanordnung 2, die z.B. in Bipolartechnologie ausgeführt ist, vorhanden sein.

FIG. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel. Das Substrat 1 weist keine Vertiefungen auf, sondern eine vorzugsweise ebene Oberfläche. Die elektrischen Leiterbahnen 3 befinden sich auf einem Substrat 1', das vorzugsweise aus Si besteht und mit dem Substrat 1 befestigt ist, beispielsweise durch Löten, Schweißen, Kleben, Bonden oder anodischem Bonden. Die Höhe des Substrats 1', der opto-elektrischen Wandler 7, 7' und der integrierten Schaltungen 9 ist gleich groß mit zulässigen Abweichungen von maximal etwa 20  $\mu\text{m}$ . Das Substrat 1' weist Aussparungen 8 auf, in denen die Wandler 7, 7' und die Schaltungen 9 untergebracht sind. Im Gegensatz zu FIG. 1 erstrecken sich die elektrischen Leiterbahnen 3 auch nicht über die gesamte Fläche der integrierten Schaltungen 9, sondern nur bis zu Kontaktpunkten in den Randbereichen.

Kombinationen entsprechend FIG. 1 und FIG. 2 sind ebenfalls ausführbar.

FIG. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, in dem mehrere Anordnungen gemäß FIG. 1 und/oder FIG. 2 optisch koppelbar sind. Dieses erfolgt mit Hilfe einer optischen Leiterplatte 11, z.B. ebenfalls einer Glas- oder Kunststoffplatte, in der sich mindestens ein Lichtwellenleiter 5' sowie un- und/oder halbdurchlässige Umlenkspiegel befinden. Die Leiterplatte 11 ist im wesentlichen senkrecht zu mehreren parallel stehenden Anordnungen gemäß FIG. 1 und FIG. 2 so angeordnet, daß die in der Leiterplatte 11 befindlichen Umlenkspiegel das in dem Lichtwellenleiter 5' befindliche Licht 10 in die Lichtwellenleiter 5 koppeln.

Eine weitere zusätzliche oder alternative Möglichkeit der optischen Kopplung zwischen mehreren Anordnungen gemäß FIG. 1 ist in dem oberen Teil der FIG. 3 dargestellt. Dort sind zwei Anordnungen gemäß FIG. 1 parallel so angeordnet, daß sich ihre Verbindungsschichten 4 gegenüber liegen. Diese können in der dargestellten Weise einen Abstand voneinander besitzen oder sich berühren und/oder zusammengefügt sein, z.B. mit einem Kleber. Das von einem Wandler 7' ausgesandte Licht (Pfeile) wird z.B. über eine in der Verbindungsschicht ent-

haltenes abbildende Optik 13, z.B. diffundierte Konvexlinsen, in einen Lichtweg 12, z.B. ebenfalls einen Lichtwellenleiter, gekoppelt, der senkrecht durch die zwei Verbindungsschichten läuft und an dessen anderem Ende sich ein opto-elektrischer Wandler, z.B. eine Fotodiode, befindet.

Weiterhin ist es möglich, die Optik 13 an den Randbereich des Substrates zu legen und damit mehrere Anordnungen entsprechend den FIG. 1 und 2 zu koppeln.

Die beschriebenen Anordnungen ermöglichen vorteilhafterweise, die Vorteile einer integrierten elektrischen Schaltung mit denjenigen einer integrierten optischen Schaltung zu kombinieren. Damit lassen sich z.B. sehr schnelle Höchstleistungsrechner herstellen, da einerseits eine hohe Packungsdichte elektrischer Bauelemente möglich ist und andererseits eine hohe Datenübertragungsrate zwischen verschiedenen Schaltungsanordnungen ermöglicht wird.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar. So können beispielsweise die Verbindungsschichten optische Schalter und/oder optische Multiplexer und/oder Demultiplexer enthalten und/oder mit diesen und/oder weiteren Einzel-Lichtwellenleitern, z.B. einem sehr langen Mono-mode-Lichtwellenleiter, gekoppelt sein.

## Ansprüche

1. Halbleiterschaltung, bestehend aus einem Substrat, auf dem mindestens eine integrierte Schaltung und mehrere elektrische Leiterbahnen angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet,

daß in mindestens einer optischen Verbindungsschicht (4) und/oder innerhalb des Substrats (1) mindestens ein Lichtwellenleiter (5) vorhanden ist,

daß sich in einer Aussparung oder Vertiefung (6) des Substrates (1) mindestens ein elektro-optischer und/oder ein opto-elektrischer Wandler (7, 7') befindet, der optisch an den Lichtwellenleiter (5) angekoppelt ist und der elektrisch mit der integrierten Schaltung (9) verbunden ist und daß die Verbindungsschicht (4) oberhalb der Leiterbahnen (3) sowie der integrierten Schaltung (9) und/oder unterhalb des Substrates (1) angeordnet ist.

2. Halbleiterschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest in der Verbindungsschicht (4) mindestens ein Umlenkspiegel (8), über welchen der Wandler (7, 7') und der Lichtwellenleiter (5) optisch koppelbar sind, vorhanden ist.

3. Halbleiterschaltung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler (7') als lichtemittierendes Halblei-

terbauelement, das Licht im wesentlichen parallel zur Oberfläche des Substrates (1) aussendet, ausgebildet ist und daß in dem Substrat (1) und der Verbindungsschicht (4) jeweils ein Umlenkspiegel (8, 8') über welchen der Wandler (7) an den Lichtwellenleiter (5) optisch koppelbar ist, vorhanden ist.

4. Halbleiterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wandler (7') als lichtemittierendes Bauelement, das Licht im wesentlichen senkrecht zur Oberfläche des Substrates (1) aussendet, ausgebildet ist und daß sich in der Verbindungsschicht (4) ein Umlenkspiegel (8) befindet, über welchen das Licht in den Lichtwellenleiter (5) einkoppelbar ist.

5. Halbleiterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein in dem Substrat (1) befindlicher Umlenkspiegel (8') als kristallographische Fläche ausgebildet ist.

6. Halbleiterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsschicht (4) aus Glas und/oder Kunststoff besteht und daß die darin befindlichen Umlenkspiegel (8) durch eine physikalische und/oder chemische Behandlung hergestellt sind.

7. Halbleiterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Verbindungsschichten (4), die verschiedenen Substraten (1) zugeordnet sind, durch eine optische Leiterplatte (11), die mindestens einen Lichtwellenleiter (5') enthält, optisch gekoppelt sind (FIG. 3).

8. Halbleiterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiterplatte (11) aus Glas oder Kunststoff oder Halbleitermaterial aus einer Kombination dieser Materialien besteht.

9. Halbleiterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Kopplung von mindestens zwei Lichtwellenleitern und/oder von mindestens zwei Wandlern durch mindestens einen Lichtweg (12) erfolgt, der eine abbildende Optik (13) enthält.

10. Halbleiterschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Optik (13) als integrierte Optik ausgebildet ist.

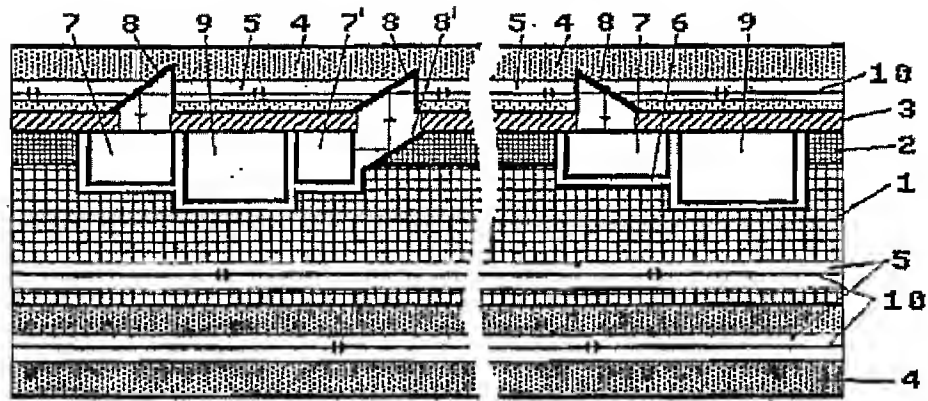


Fig. 1

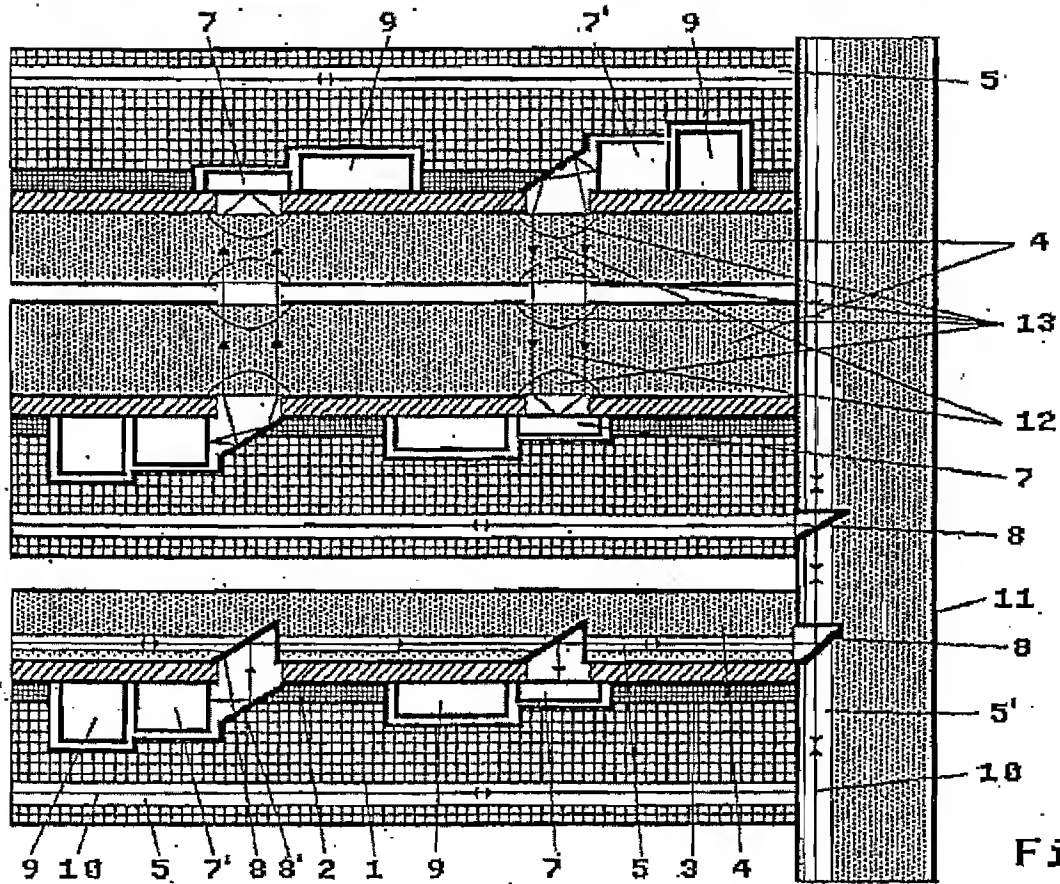


Fig. 3

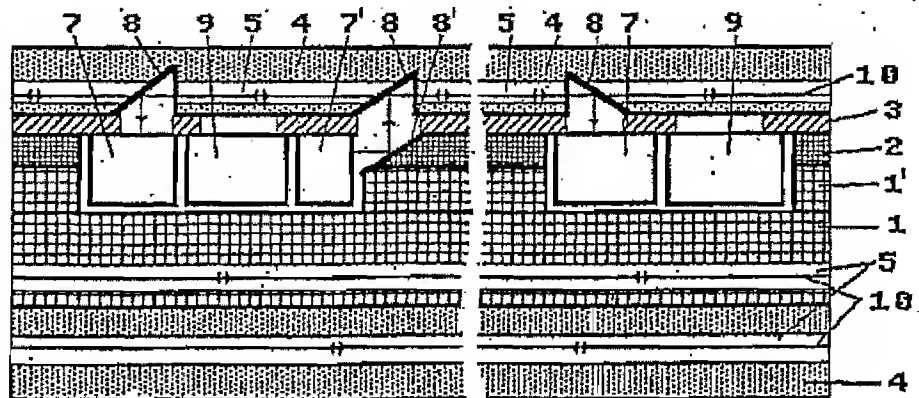


Fig. 2



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 11 8656

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 8, Nr. 194 (E-264)[1631], 6. September 1984; & JP-A-59 82 779 (KOGYO GIJUTSUIN JAPAN) 12-05-1984 * Die ganze Zusammenfassung *	1-4,9	G 02 B <sup>L</sup> 6/42
A	WO-A-8 705 120 (SVENSKA ROBOT) * Figuren 1,2; Seite 3, Zeilen 15-39; Seite 4, Zeilen 1-29 *	1	
A	WO-A-8 400 822 (WESTERN ELECTRIC) * Figuren 1,2,6; Seite 2, Zeilen 2-37; Seite 3, Zeilen 1-14; Seite 5, Zeilen 21-25 *	1,9	
A	ELECTRONICS LETTERS, Band 21, Nr. 11, 23. Mai 1985, Seiten 508-509, Stevenage, Herts, GB; Y. KOKUBUN et al.: "Silicon optical printed circuit board for three-dimensional integrated optics" * Der ganze Artikel *	1-3,5,8	
A	US-A-4 169 001 (H.D. KAISER) * Das ganze Dokument *	1,7,8	
A	WO-A-8 503 179 (K.R. HASE) * Figuren 1,2,5b,6b,6c; Patentansprüche *	1,7	
A	US-A-4 758 063 (E.T. KONECHNY) * Figuren 1,2; Spalte 3, Zeilen 39-68; Spalte 4, Zeilen 1-62 *	1,6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchesort DEN HAAG		Abschließdatum der Recherche 26-01-1990	Prüfer MATHYSSEK K.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			